

スマートフォンとプロジェクタの連携による室内空間への情報投影手法

返町 周[†] 松下 光範[†]

[†] 関西大学大学院総合情報学研究科 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1
E-mail: †k527911@kansai-u.ac.jp, ††mat@res.kutc.kansai-u.ac.jp

あらまし 本研究の目的は、日常空間にある情報を表示しているモノを空間から排除し、情報のみが存在する室内空間を実現することである。我々の日常空間には、時計やカレンダー、テレビなどの情報提示物が多く存在している。近年ではIoT関連技術が発展し、様々なモノがインターネットと繋がるようになってきている。しかし、情報提示物はインターネットに接続されていても性質が大きく変わることはなく、情報を得ることができれば、モノとして空間に存在する必要はない。本稿では、室内に存在する情報提示物をプロジェクタを用いて投影し、ユーザ自身が室内に配置することで、室内をデザインすることができる手法を提案する。スマートフォンを利用し、室内環境のマッピングを行い、空間に仮想情報を重畳させる。その仮想情報をプロジェクタを用いて実空間上に投影し、空間に残存させることでユーザーが情報に対してシームレスにアクセスすることを可能にする。

キーワード 複合現実感, スマートフォン, プロジェクションマッピング, IoT

A Method to Arrange Information in Room by Coordinating Smartphones and Projectors

Shu SORIMACHI[†] and Mitsunori MATSUSHITA[†]

[†] Graduate School of Informatics, Kansai University Ryozenji 2-1-1, Takatsuki, Osaka, 569-1095 Japan
E-mail: †k527911@kansai-u.ac.jp, ††mat@res.kutc.kansai-u.ac.jp

Abstract In this research, we propose a method for realizing an interior space in which only information exists by eliminating objects that display information in everyday space. In recent years, IoT-related technologies have been developed and various objects are now able to be connected to the Internet. However, the nature of an object that displays information does not change, even when it is connected to the Internet. And if you can get information from the thing, the thing doesn't have to exist in interior space. In this paper, we use a projector to project information that exists in a room. The user can design and place the projected information in the room by themselves. We propose a method for mapping the indoor environment and superimposing virtual information on the space using a smartphone. The virtual information is projected onto the real space using a projector and remains in the space, allowing the user to access the information seamlessly.

Key words mixed reality, smartphone, projection mapping, IoT

1. はじめに

我々が暮らす部屋や教室といった室内空間には、時計やカレンダーなど情報を提示するためのモノが様々な存在している。情報のデジタル化に伴い、こうしたモノの変化が進んでいる。例えば、かつては静的な写真を額縁に入れて飾っていたフォトフレームは、時間とともに変化する液晶ディスプレイのフォトフレームへと変化している。また、画面サイズの割に存在感を誇っていた家具調のブラウン管TVは、薄型の液晶ディスプレイに取って代われ、物自体の存在感は低下している。近年のInternet of Things (IoT) 技術の発展により、日常空間にある

これらの様々な機器がインターネットと繋がり、より動的な情報を扱える存在となってきている。このようにインターネットに接続された環境においては、機器操作のためにわざわざ個別のリモコンを所持し、操作対象となる機器に応じて使い分ける、というのは、もはや面倒で手間のかかる手段になりつつある。

こうした操作の問題は、物理的な実体を持つ情報機器による情報提示と、仮想空間上に存在する情報とが、室内空間で重畳されるようなMR (Mixed Reality) 環境ではより顕著になる。MR環境の発展・普及が進むことで、情報提示機器の物理実体の必要性も低減していき、実体と仮想物体の境界は曖昧になっていくと考えられる。我々の日常空間に存在する時計やカレン

ダー、テレビといった情報提示物は、「時間を知る」や、「映像を見る」という機能そのものが重要であり、その情報提示機器がモノとして実空間内に存在する必然性は低い。そこで本研究では、室内の情報提示機器の機能を情報として空間に投影する手法を提案する。

2. 関連研究

2.1 投影型複合現実感

複合現実感を実現する主な手法として、Microsoft 社の HoloLens^(注1) や Magic Leap 社の Magic Leap One^(注2) などの光学シースルー型 HMD を用いた手法がある。光学シースルー型の HMD は、実環境が視認できる状態で HMD のガラスに仮想情報を投影し、実環境に仮想情報を重畳している。しかし、光学シースルー型 HMD は仮想情報を複数人で共有するためには、全員が HMD を装着する必要がある。さらに、重畳している仮想情報を視認するためには、HMD を装着していなければならないため、即座に情報を得ることは難しい。

これに対して、プロジェクタを用いて、仮想情報を実環境に投影する投影型複合現実感を用いた手法が提案されている。情報を投影することで、HMD と比較して、即座に情報を得ることができるだけでなく、複数人での情報を共有する際に特殊な機器を使用する必要がない。また、投影型複合現実感を実現する際に、投影空間情報や空間におけるユーザの位置情報を取得する必要がある。これを取得するため深度カメラを用いた手法 [2] や、赤外線を照射する機器を空間に配置することでユーザの位置を推定し、情報を投影する手法 [6] などが提案されている。これらは、特殊な機器を使用するため、日常生活で使用するためには導入コストが高くなってしまいう問題がある。

2.2 室内におけるプロジェクション型 AR

プロジェクタを用いて室内のデザインを行う研究として、DesignAR がある [2]。DIY を行うためには大きなコストがかかるため、プロジェクションを行うことで安価に部屋の内装を変更することを目的としている。この研究では、RGB-D カメラを搭載したプロジェクタを使用することで、登録されていない空間を認識し、デザインを投影することができる。空間に投影したインタフェースでの操作だけでなく、モバイル端末での操作も可能である。

Xiao らは日常空間にある平面をタッチインタフェースとすることができる WorldKit を提案している [4]。Kinect を搭載したプロジェクタを用いて平面の認識を行い、特定の場所に対して投影を行うことができる。また、Kinect で手の動きをトラッキングすることで、手の動きをインタラクションに組み込むことを可能にしている。

赤星らの Afterglow Projection はピコプロジェクタと据え置き型プロジェクタを用いて、仮想情報を実環境に残存させる手法 [6] [1] を提案している。この研究では、ユーザが使用するシステムに HTC Vive の周辺機器を使用することで、空間内の

ユーザの持つコントローラの位置や角度などを検出している。しかし、特殊な機器を室内空間に設置する必要があり、日常空間に対して導入することは難しい。

小笠らはタブレット端末を用いて、複数人の鑑賞者がプロジェクションマッピングの内容に関与し、ユーザ同士のインタラクションを可能にする手法を提案している [5]。

Verma は様々な表面に装着可能なスティック型のハードウェアを提案している [3]。このスティック型の端末は、プロジェクタを搭載しており空間にある平面に対して情報を投影することができる。さらに、音声コマンドや身体のジェスチャなどで端末の操作をすることができる。この研究は、本研究と同様に単一の端末を用いて空間に情報を投影・操作することができるものであるが、特殊なスティック型端末を空間内に設置する必要がある。

そこで本稿では、スマートフォンと据え置き型プロジェクタを用いて、実空間に対して情報を投影する手法を提案する。投影された情報に対して、ユーザがシームレスにアクセスすることを可能にする。

3. デザイン指針

1. 章で述べたように、情報提示機器はモノとして空間に存在している必然性は低い。しかし、身体的な接触を行わなければ情報を得ることができないもの、その機器自体に装飾物としての価値があるものなどは、モノとして存在していなければならない。そのため、本研究では提示する情報として、視認するだけで情報を得ることが可能であるモノを対象とする。

情報を表示するモノは室内空間において、ユーザ自身が視認しやすい場所に配置されていたり、空間デザインの一部として機能している場合がある。さらに、テレビはチャンネルを変更したり、使用していない場合に非表示にするなどの操作が必要になる。そのため、ユーザが投影された情報を操作・再配置できることが望ましい。

また、室内の MR 環境で重要となるのは、その情報を操作する手段そのものであり、機器を操作するための単一のデバイスで、室内の情報機器にシームレスにアクセスし操作できることが望ましい。さらに、2. 章で述べたように、室内にプロジェクタ以外の特殊な機器を設置するのは導入コストが高くなる。そのため、日常的に使用し、IoT 環境においても様々な機器にアクセスすることができるスマートフォンやタブレット端末を用いて MR 環境を構築できることが望ましい。これらから、本研究で実装するシステムが満たすべき要件を以下のものとする。

- (1) 見るだけで情報を得ることができるモノを投影する機能を持つこと
- (2) 実環境に投影された情報をユーザが操作・再配置できること
- (3) 単一の端末とプロジェクタで複合現実感を実現すること

(注1) : <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>

(注2) : <https://www.magicleap.com/ja-jp/magic-leap-1>

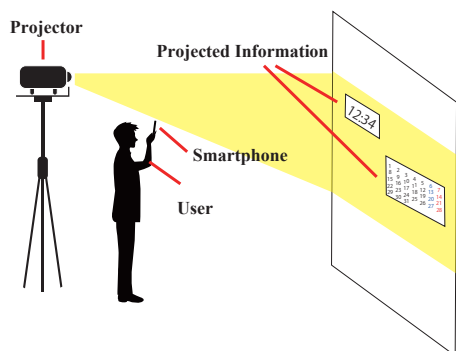


図1 ハードウェア構成

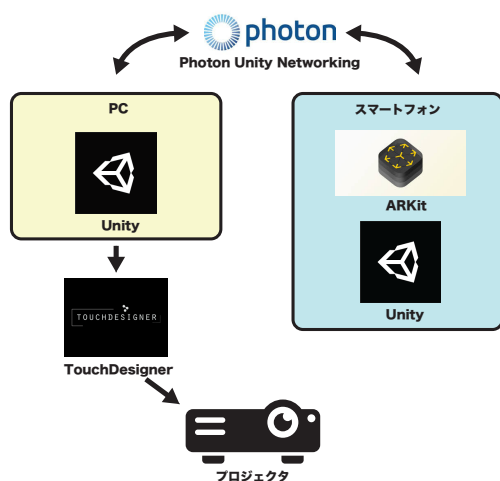


図2 ソフトウェア構成

4. 実装

本研究では、スマートフォンを用いて室内空間のマッピングを行い、仮想情報を重畳させる。その仮想情報をプロジェクタを用いて、実空間上に投影するシステムの実装を行った。

4.1 ハードウェア構成

本システムのハードウェアは、スマートフォン、プロジェクタで構成される。ハードウェア構成をを図1に示す。

スマートフォンには iPhone 11^(注3)を使用した。iPhoneで利用できる ARKit の機能を用いて、空間の認識と仮想物体の操作を行っている。

本システムは室内空間での使用を想定しているため、プロジェクタと投影面との距離が近いことが考えられる。そのため、近距離でも広範囲に投影することができる短焦点プロジェクタの BenQ MW632ST^(注4)を使用した。

4.2 ソフトウェア

スマートフォンで使用するアプリケーションの実装には、Unity (ver. 2020.1.1f)^(注5)を使用した。スマートフォンの AR



図3 アプリケーション画面

アプリケーションには、iOS では ARKit^(注6)、Android では ARCore^(注7) と呼ばれるフレームワークがある。どちらのフレームワークにも対応することができる Unity 社が提供している ARFoundation^(注8) を用いて実装を行う。本稿では、iOS を搭載した端末を用いるため、ARKit の機能を利用する。また、ARKit では iOS デバイス間でのみ仮想物体の共有が可能であるため、他の機器との共有ができない。そこでネットワークライブラリである Photon Unity Networking 2^(注9) を用いて、スマートフォンと PC の通信を行い、仮想物体の共有を行っている。また、Unity 上にある仮想カメラが写している、空間情報をプロジェクタで投影するため、TouchDesigner^(注10) を用いた。TouchDesigner からプロジェクタに映像を送り実環境上に投影している。ソフトウェア構成を図2に示す。

5. アプリケーション

アプリケーションの画面を図3に示す。本システムでは、時計、メモ、映像、カレンダーを空間に配置することができるアプリケーションを実装した。スマートフォンで配置したい情報を選択し、画面をタップすることで、スマートフォンの画面には仮想情報が重畳され、提示される。スマートフォンに表示されている仮想情報を押下した状態で指を動かすと、仮想情報を移動させることが可能になる。仮想情報は認識されている平面上であればどこでも配置することができる。

ユーザは図3の左下にある MENU ボタンをタップするこ

(注6) : <https://developer.apple.com/jp/augmented-reality/arkit/>

(注7) : <https://developers.google.com/ar>

(注8) : <https://github.com/Unity-Technologies/arfoundation-samples>

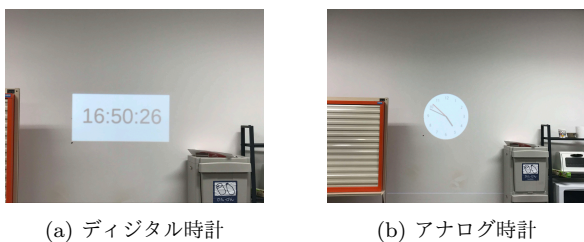
(注9) : <https://www.photonengine.com/ja-JP/PUN>

(注10) : <https://derivative.ca>

(注3) : <https://www.apple.com/jp/iphone-11/specs/>

(注4) : <https://www.benq.com/ja-jp/projector/business/mw632st.html>

(注5) : <https://unity.com/ja>



(a) デジタル時計 (b) アナログ時計

図 4 同じ位置に配置した時計



図 5 動画とカレンダー

とで、投影したい仮想情報を選択することができる。さらに、MENU 内で誤って選択をした場合に、BACK ボタンをタップすることで、前の状態に戻ることができる。

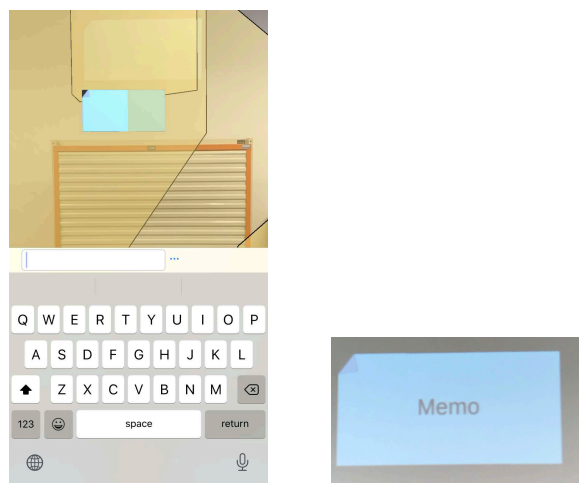
また、スマートフォン上のアプリケーションで、生成された仮想情報オブジェクトは Photon Unity Networking 2 によって、Unity に構築された空間上にも同様の仮想情報オブジェクトを生成する。Unity 上には、平面認識など、ARKit の機能で使われる AR カメラとは別のカメラを配置する。そのカメラが写している空間を TouchDesigner に送信している。アプリケーションを使用する際の、システムの内部処理を以下に示す。

- (1) カメラの映像から平面にある特徴点を抽出し、仮想平面を描画する。
- (2) タップされた位置から仮想光線を仮想平面に対して照射し、衝突した位置に対して仮想情報を生成する。
- (3) Photon Unity Networking 2 を通じて、Unity 上にオブジェクトを生成する。
- (4) Unity のカメラで写している映像を TouchDesigner に送信し、プロジェクタで投影する。

アプリケーションで生成できるオブジェクトを投影する際のユーザの操作を以下に示す。

- (1) MENU を選択
- (2) 投影したいモノを選択
- (3) デザインを選択（動画、カレンダーを除く）
- (4) 選択後、スマートフォン画面の任意の場所をタップ

これらの操作を行った後、それぞれのオブジェクトを変更したり複数同時に空間に配置することができる（図 4、図 5 参照）。



(a) 入力時のスマートフォン画面 (b) 投影されたメモ

図 6 メモ

メモではその他のオブジェクトと異なり、オブジェクトを空間に重畳した際に入力用キーボードが提示される（図 6(a) 参照）。文字入力を行うことで投影されたメモに反映される（6(b) 参照）。これらのオブジェクトはスマートフォン画面内のオブジェクトをドラッグすることで、指に追従してオブジェクトを移動させることができる。

6. おわりに

MR 環境において室内の情報提示機器はモノとして存在する必然性が低く、その機能を保持していることが重要である。本研究ではスマートフォンとプロジェクタの連携によって情報提示媒体を投影する手法を提案した。今後は、投影した情報とスマートフォンで重畳されている仮想情報との空間的整合性がとるための手法を確立する。また、DesignAR [2] で行われていた実験と同様に、ユーザが実際にシステムを操作するためのシナリオを作成し、評価実験を行うことが必要であると考えている。

文 献

- [1] Akahoshi, S. and Mitsunori, M.: Afterglow Projection: Virtual Information Projection Method to Real Environment Using Pico Projector in Mixed Reality, *SIGGRAPH Asia 2018 Posters*, SA '18 (2018).
- [2] Park, Y. J., Yang, Y., Chae, S., Kim, I. and Han, T.: DesignAR: Portable projection-based AR system specialized in interior design, *IEEE SMC 2017*, pp. 2879–2884 (2017).
- [3] Verma, P.: Stick User Interface, *UIST '19*, pp. 60–62 (2019).
- [4] Xiao, R., Harrison, C. and Hudson, S. E.: WorldKit: Rapid and Easy Creation of Ad-Hoc Interactive Applications on Everyday Surfaces, *CHI '13*, pp. 879–888 (2013).
- [5] 小笠航, 片寄晴弘: TPPM(Take Part in Projection Mapping): タブレット端末を用いた多人数参加型プロジェクションマッピングアプリケーション, *EC2014 論文集*, pp. 77–79 (2014).
- [6] 赤星俊平, 松下光範: Afterglow Projection: 複合現実感におけるピコプロジェクタを用いた実環境に残存する仮想情報投影手法, *EC2018 論文集*, pp. 142–147 (2018).